

1

"EXPRESS MAIL" LABEL NO.: EV33025468745
I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER IS BEING DEPOSITED WITH THE UNITED STATES POSTAL SERVICE "EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE" SERVICE UNDER 37 CFR. 1.10 IN AN ENVELOPE ADDRESSED TO: THE COMMISSIONER OF PATENTS, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-1450, ON THIS DATE. THE COMMISSIONER IS HEREBY AUTHORIZED TO CHARGE ANY FEES ARISING HEREFROM AT ANY TIME TO DEPOSIT ACCOUNT 16-0877.

6/26/03 James L. Ford
DATE SIGNATURE

Beschreibung

5 Motorbremseinrichtung für eine turboaufgeladene Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft eine Motorbremseinrichtung für eine turboaufgeladene Brennkraftmaschine, ein Verfahren zum Betreiben der Motorbremseinrichtung sowie eine Brennkraftmaschine mit einer solchen Motorbremseinrichtung.

10

Auf dem Gebiet von turboaufgeladenen Brennkraftmaschinen ist es bekannt, dass zusätzlich zu der Motorbremse der Brennkraftmaschine auch der Turbolader mit einer eigenen Hilfsbremseinrichtung versehen ist. In einer typischen Betriebsweise sorgt eine solche Hilfsbremseinrichtung immer dann für ein Umwandeln des Turboladers von einer Leistungs- bzw. Antriebseinrichtung zu einer Bremseinrichtung, wenn ein Hilfsbremsvorgang erforderlich ist. Dies erfolgt im Allgemeinen durch Modifizieren der Auspuff- und/oder Ansaugzeitsteuerung des Turboladers in einer solchen Weise, dass eine Bewegung der Zylinderkolben von einem möglichst geringen Leistungsverlust zu einem möglichst großen Leistungsverlust umgewandelt wird und zwar dann, wenn das Abbremsen des Turboladers erfolgt. Eine solche Leistungsabsorption wendet das Prinzip eines Luftkompressors an, d.h. die Zylinderkolben üben auf die in den Zylindern des Motors eingeschlossene Luft Arbeit aus, wenn ein Bremsen erforderlich ist.

15

20

25

30 Es existieren hier zwei grundsätzlich unterschiedliche Konzepte, unter Zuhilfenahme eines Turboladers eine Hilfsbremseinrichtung für eine Brennkraftmaschine zu realisieren:

Gemäß eines ersten Konzepts wird versucht, durch Verringerung des abgasseitigen effektiven Querschnittes den Druck in der Abgasleitung zu erhöhen, um so gewissermaßen einen Gegendruck zu erzielen, der auf das Gas im Zylindervolumen der Brenn-

35

kraftmaschine übertragen wird. Aufgrund des höheren Drucks im Zylinderinnenraum müssen die Zylinderkolben eine größere Arbeit verrichten, was letztendlich zu einem Bremsen führt. Dies wird in der Praxis verschiedenartig umgesetzt:

5

In der DE 195 43 190 A1 ist eine Hilfsbremseinrichtung für eine aufgeladene Brennkraftmaschine beschrieben, die mit einer Abgasturbine mit einer über ein verstellbares Leitgitter variabel einstellbaren Turbinengeometrie versehen ist. Das
10 Leitgitter umfasst Leitschaufeln, die mit Hilfe eines Stellglieds so eingestellt werden können, dass der effektive, d.h. wirksame Turbinenquerschnitt der Turbine verändert wird. Hierdurch können je nach Betriebszustand der Brennkraftmaschine verschieden hohe Abgasgegendrücke in einem Abschnitt
15 zwischen den Zylindern und dem Turbolader realisiert werden, wodurch die Leistung der Turbine und die Leistung des Verdichters bedarfsgemäß eingestellt werden kann.

Um im Bremsbetrieb der Brennkraftmaschine eine Motorbremswirkung zu erzielen, wird dieses Leitgitter in eine Staustellung
20 derart gebracht, dass der wirksame Turbinenquerschnitt deutlich reduziert ist. In einem Leitungsabschnitt zwischen den Zylindern und der Turbine baut sich so ein hoher Abgasgegendruck mit der Folge auf, dass Abgas mit hoher Geschwindigkeit durch die Kanäle zwischen den Leitschaufeln der Turbine
25 strömt und das Turbinenrad mit einem hohen Impuls beaufschlagt. Die Turbinenleistung wird auf den Verdichter übertragen, worauf die dem Motor zugeführte Ladeluft vom Verdichter unter erhöhten Ladedruck gesetzt wird. Dadurch wird der
30 Zylinder ladeluftseitig mit erhöhtem Ladedruck beaufschlagt, abgasseitig liegt zwischen dem Zylinderauslass und dem Turbolader ein erhöhter Abgasgegendruck an, der einem Ablassen der im Zylinder verdichteten Luft über geöffnete Bremsventile in den Abgasstrang hinein entgegenwirkt. Im Motorbremsbetrieb
35 muss der Kolben Kompressionsarbeit gegen den hohen Überdruck in der Abgasleitung verrichten, wodurch je nach Stellung der

Leitgitter eine mehr oder weniger starke Bremswirkung erreicht wird.

Zusätzlich oder alternativ zu diesen mit Leitgittern versehenen Turbinen kann auch eine Klappe vorgesehen sein, die in der Abgasleitung stromabwärts der Turbine angeordnet ist. Diese Klappe kann in einem Bremsbetrieb der Motorbremseinrichtung quer oder weitestgehend quer in der Abgasleitung geschwenkt sein und vermindert so den wirksamen Querschnitt in der Abgasleitung, wodurch sich stromaufwärts in Richtung der Zylinderauslässe der Druck in der Abgasleitung erhöht und somit eine Bremswirkung erzielt wird. Ein Turbolader mit einer solchen Klappe ist z. B. in der DE 40 24 572 beschrieben.

Gemäß eines zweiten Konzepts kann zur Anhebung der Motorbremsleistung eine Abgasrückführung vorgesehen werden, die im Motorbremsbetrieb aktiviert wird. Dabei wird Abgas aus der Abgasleitung, die während eines Motorbremsbetriebes üblicherweise unverbrannte Verbrennungsluft aufweist und die durch die Kompression in den Zylindern ein erhöhtes Temperaturniveau aufweist, wieder den Zylindern der Brennkraftmaschine zugeführt.

In der DE 198 53 127 A1 ist eine derartige Motorbremseinrichtung mit Abgasrückführung beschrieben. Dort wird das Abgas vor dem Turbolader abgezweigt und stromauf in Richtung der Zylindereinlässe mit der im Verdichter des Turboladers verdichteten Verbrennungsluft des Ansaugtraktes vermischt und den Zylindern zugeführt. In der Leitung für die Abgasrückführung ist ein Rückschlagventil vorgesehen. Dieses Rückschlagventil ist hier auch erforderlich, um Druckdifferenzen zwischen der abgasseitigen und der ladeluftseitigen Leitung auszugleichen.

Alle vorgenannten Hilfsbremseinrichtungen einer turboaufgeladenen Brennkraftmaschine sind jedoch nur für sogenannte ein-

stufige Turbolader ausgelegt. Moderne Turbolader können jedoch eine zweistufige Aufladung aufweisen.

5 Eine Brennkraftmaschine mit einem solchen zweistufig ausgebildeten Aufladesystem ist beispielsweise in den Deutschen Offenlegungsschriften DE 198 37 978 A1 und DE 195 14 572 A1 beschrieben. Bei solchen zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschinen weist die Turboladergruppe jeweils eine in Reihe zueinander angeordnet Hochdruckstufe und Niederdruckstufe
10 auf. Das Abgas aus dem Motor durchströmt hier zunächst die Hochdruckturbine und anschließend die Niederdruckturbine. In gleicher Weise wird die zum Aufladen der Zylinder vorgesehene Ladeluft zunächst von einem Niederdruckverdichter und anschließend von einem Hochdruckverdichter verdichtet und gegebenfalls nach einer Abkühlung der Ladeluft in einem Wärmetauscher der Ladeluftseite der Brennkraftmaschine zugeführt.
15 In einem typischen Betriebsmodus wird der Turbolader bei unteren Drehzahlbereichen der Brennkraftmaschine zweistufig betrieben. Bei steigender Drehzahl kann auf einstufige Verdichtung ausschließlich des Niederdruckverdichters umgeschaltet
20 werden, indem zum Beispiel mittels abgasseitigen Bypassleitungen die Hochdruckturbine vollständig oder zumindest teilweise überbrückt wird. Sinnvollerweise wird in diesem Fall auch der Hochdruckverdichter über einen ladeluftseitig vorgesehenen Rohrschalter vollständig umgangen.
25

Bei solchen zweistufigen Turboladern sind die jeweils in Reihe angeordneten Turbinen und Verdichter für unterschiedliche Ladedrücke ausgelegt. Dies hat in der Praxis die Folge, dass
30 ein sehr großer konstruktiver Aufwand zur Realisierung der oben genannten Hilfsbremseinrichtung erforderlich ist. Um beispielsweise jeweils einen optimalen Hilfsbremsmodus für die unterschiedlichen Betriebsmodi des zweistufigen Turboladers zu erhalten, sind eine Vielzahl von Rohrschaltern unerlässlich, um jeweils die gewünschten Drücke in den Abgasleitungen und Ladeluftleitungen zu erzielen. Solche Bremseinrichtungen sind daher sehr teuer in der Herstellung, wobei
35

der Mehraufwand keine Verbesserung der Bremsqualität zur Folge hat. Insbesondere bei sehr kleine Turboladern, die vor allem bei Brennkraftmaschinen mit geringem Hubraum zum Einsatz kommen, ist eine solche Hilfsbremseinrichtung bislang nicht
5 in befriedigender Weise gelöst worden.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Bremseinrichtung eines zweistufigen Turboladers einer Brennkraftmaschine bereitzustellen.

10

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Bremseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Ferner wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Betreiben der Bremseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 18 sowie eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 24 gelöst.
15

Demgemäß ist vorgesehen:

20

- Eine Motorbremseinrichtung für eine turboaufgeladenen Brennkraftmaschine, mit einem zumindest zweistufig ausgebildeten Aufladesystem, das mindestens eine Hochdruckstufe sowie mindestens eine der Hochdruckstufe und/oder der Niederdruckstufe abgasseitig nachgeschalteten und
25 ladeluftseitig vorgeschalteten Niederdruckstufe aufweist, mit mindestens einer mit Auslasskanälen der Brennkraftmaschine verbundenen und abgasseitig der Brennkraftmaschine nachgeschaltet angeordneten Abgasleitung, mit mindestens einem Verschlusskörper, der in einem
30 abgasseitig der Niederdruckstufe nachgeschalteten Bereich der Abgasleitung angeordnet ist, wobei der Verschlusskörper derart ausgebildet ist, dass der Abgasdurchfluss und dadurch bedingt ein Druck in der Abgasleitung so veränderbar ist, dass dadurch die Motorbremsleistung bedarfsgemäß variabel einstellbar ist (Patentanspruch 1).
35

- Ein Verfahren zum Betreiben einer Motorbremseinrichtung für eine turboaufgeladenen Brennkraftmaschine, dass mittels der Steuereinrichtung ein erster Druck in der vor der Hochdruckturbine angeordneten Abgasleitung in Abhängigkeit von einem Bremsmodus auf einen vorgegebenen Wert eingestellt wird (Patentanspruch 18).

- Eine Brennkraftmaschine mit einem Motorblock, der mindestens einen Zylinder aufweist und der mindestens einen Ladelufteinlass und mindestens einen Abgasauslass aufweist, mit einem als Bremseinrichtung ausgebildet Aufladesystem (Patentanspruch 24).

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung entnehmbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert.
Es zeigt dabei:

Figur 1 in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen, zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschine mit Regelventil in der Abgassammelleitung;

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen, zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschine entsprechend Figur 1 mit angebauter Abgasrückführung;

Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen, zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschine entsprechend Figur 1 mit variabler Turbinengeometrie;

Figur 4 ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen, zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschine entsprechend Figur 1 mit einer als Zwillingsstromturbine ausgebildeten Hochdruckturbine;

5

Figur 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen, zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschine entsprechend Figur 1, bei der der Verschlusskörper zwischen der Hochdruckstufe und Niederdruckstufe angeordnet ist;

10

Figur 6 in einer schematischen Darstellung ein sechstes, besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschine.

15

In allen Figuren der Zeichnung sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente - sofern nichts anderes angegeben ist - mit gleichen Bezugszeichen versehen worden. In allen Figuren der Zeichnung wurde ferner die Richtung des Abgasstromes sowie des Ladeluftstromes jeweils durch Pfeile in den entsprechenden Leitungen bezeichnet.

20

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremseinrichtung.

25

In Figur 1 ist mit Bezugszeichen 1 eine Brennkraftmaschine bezeichnet. Die Brennkraftmaschine 1 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als sechszylindrige Dieselmotoren in Reihenbauweise ausgebildet und weist somit sechs in Reihe zueinander angeordnete Zylinder 2 auf. Die Brennkraftmaschine 1 weist eine Frischluftseite 3 und eine Abgasseite 4 auf, wobei die Einlässe 7 auf der Frischluftseite 3 mit einer Ladeluftsammeleleitung 5 und die Auslässe 8 der Brennkraftmaschine 1 auf der Abgasseite 4 mit zwei Abgassammelleitungen 6 verbunden sind.

30

35

Die Brennkraftmaschine 1 wird über einen mit Bezugszeichen 10 bezeichneten Turbolader aufgeladen. Der Turbolader 10 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel zweistufig ausgebildet. Ein solcher zweistufiger Turbolader 10 weist eine Hochdruckstufe 5 11 und eine Niederdruckstufe 12 auf. Die Hochdruckstufe 11 besteht aus einer Hochdruckturbine 13 und einem Hochdruckverdichter 14, die über eine gemeinsame Welle 15 miteinander starr gekoppelt sind. Die Niederdruckstufe 12 besteht entsprechend aus einer Niederdruckturbine 16 und einem Niederdruckverdichter 17, die ebenfalls über eine gemeinsame Welle 10 18 miteinander gekoppelt sind. Die Hochdruckstufe 11 ist der Niederdruckstufe 12 vorgeschaltet.

Der Turbinenlaufraddurchmesser der Niederdruckturbine 16 ist 15 im vorliegenden Ausführungsbeispiel größer als der der Hochdruckturbine 13 ausgebildet, wobei das Laufraddurchmesserverhältnis zwischen Niederdruck- und Hochdruckturbine typischerweise, jedoch nicht notwendigerweise, im Bereich 1,2 - 1,8 liegt. In gleicher Weise weist das Verdichterrad des Hochdruckverdichters 14 einen geringeren Durchmesser als das Verdichterrad des Niederdruckverdichters 17 auf. 20

Die Abgassammelleitung 6 ist stromaufwärts mit Abgasleitungen 20, 21, 22 verbunden, über die das Abgas aus den Zylindern 2 der Brennkraftmaschine 1 abgeleitet werden kann. In gleicher 25 Weise sind Ladeluftleitungen 23, 24, 25 vorgesehen, die stromaufwärts mit der Ladeluftsammelleitung 5 verbunden sind. Über die Ladeluftleitungen 23, 24, 25 und die Verdichter 14, 17 ist den Zylindern 2 der Brennkraftmaschine 1 Ladeluft zu- 30 führbar.

Die beiden Turbinen 13, 16 sind zueinander in Reihe geschaltet angeordnet, wobei die Hochdruckturbine 13 mit der Niederdruckturbine 16 über die Abgasleitung 21 verbunden ist und 35 der Niederdruckturbine 16 in Strömungsrichtung des Abgases vorgeschaltet angeordnet ist. In gleicher Weise sind der Niederdruckverdichter 17 und der Hochdruckverdichter 14 in Reihe

zueinander angeordnet und über eine Ladeluftleitung 24 miteinander verbunden, wobei der Niederdruckverdichter 17 in Strömungsrichtung der Ladeluft dem Hochdruckverdichter 14 vorgeschaltet angeordnet ist.

5

Ferner ist ein erster Ladeluftkühler 26 vorgesehen, der in der Ladeluftleitung 24 zwischen den beiden Verdichtern 14, 17 angeordnet ist. Ein zweiter Ladeluftkühler 27 ist in der Ladeluftleitung 25 zwischen Hochdruckverdichter 14 und Einlassen 7 der Brennkraftmaschine 1 angeordnet. Im Bedarfsfall kann auf eine oder im Extremfall auch auf beide Ladeluftkühler 26, 27 verzichtet werden.

10

Erfindungsgemäß ist nun eine veränderliche Verschlussvorrichtung 30 vorgesehen, die hier als regel- oder steuerbares Ventil ausgebildet ist. Die Verschlussvorrichtung 30 kann aber auch als Bremsklappe, Drosselklappe, Schieber oder dergleichen ausgebildet sein. Über ein mit dem Regelventil 30 verbundenes Stellglied 31 ist das Ventil 30 einstellbar. Die Verschlussvorrichtung 30 kann über eine in Figur 1 nicht dargestellte Regel- oder Steuereinrichtung regelbar oder steuerbar ausgebildet sein. Die Funktion einer solchen Regeleinrichtung bzw. Steuereinrichtung wird nachfolgend anhand von Figur 6 noch detailliert beschrieben.

20

25

Im Unterschied zu Figur 1 weist die Anordnung gemäß Figur 2 zusätzlich eine Abgasrückführleitung 32 auf. Die Abgasrückführleitung 32 zweigt von den Abgasleitungen 20, die aus den Abgassammelleitungen 6 kommen, ab und zweigt in die Ladeluftleitung 25, die den Hochdruckverdichter 14 mit der Ladeluftsammeleleitung 5 verbindet, ein. Der besondere Vorteil der in Figur 2 dargestellten Anordnung besteht darin, dass aufgrund der Druckverhältnisse in den Abgasleitungen 6, 20 sowie den Ladeluftleitungen 5, 25 keinerlei Rückschlagventil vorgesehen ist und darüber hinaus, wie nachfolgend noch erläutert wird, auch nicht erforderlich ist.

30

35

Im Unterschied zu der Anordnung in Figur 1 weist die turbo-
aufgeladene Brennkraftmaschine 1 gemäß Figur 3 einen Turbolader 10 auf, der eine Hochdruckturbine 13 mit variabler Turbinengeometrie (VTG) aufweist. Die Funktionalität einer variablen Turbinengeometrie ist in allen Figuren mit einem Pfeil angedeutet.

Im Unterschied zu der Anordnung in Figur 1 weist die turbo-
aufgeladene Brennkraftmaschine gemäß Figur 4 eine als Zwillingsstromturbine ausgebildete Hochdruckturbine 13 auf. Diese Zwillingsstromhochdruckturbine 13 besteht aus zwei parallel zueinander angeordneten Turbinenräder 13A, 13B, die miteinander - typischerweise starr - gekoppelt sind. Typischerweise, jedoch nicht notwendigerweise, weisen diese beiden Turbinenräder 13A, 13B den gleichen Durchflussquerschnitt der Turbinenkanäle auf.

Im Unterschied zu der Anordnung in Figur 1 ist in fünften Ausführungsbeispiel in Figur 5 die Verschlussvorrichtung 30 zwischen der Hochdruckstufe und Niederdruckstufe 11, 12 angeordnet ist. Da die Bremsklappe 30 hier direkt auf die Hochdruckstufe wirkt, zeichnet sich dieses Anordnung gegenüber der Anordnung in Figur 1 dadurch aus, dass eine höhere Genauigkeit und Schnelligkeit der Regelung der Hochdruckstufe 11 möglich ist.

Zur optimalen Anpassung des zweistufigen Turboladers 10 an die Betriebszustände der Brennkraftmaschine 1 ist je Kanal 13A, 13B der zweiflutigen Zwillingsstromdruckturbine 13 eine Bypassleitung in vorteilhafterweise symmetrischer Schaltung vorgesehen. Diese zweigen jeweils von den als Abgaskrümmern ausgeführten, separaten Rohrleitungen 20A, 20B ab, umgehen die Zwillingsstromturbine 13 und münden zur gleichen Beaufschlagung der einflutigen Niederdruckturbine 16 in die gemeinsame Leitung 21 ein. Jede Bypassleitung 33A, 33B ist mit einem stromabwärts der Abzweigung angeordneten Rohrschalter 34A, 34B, der beispielsweise als Regelventil ausgebildet sein

kann, versehen. Diese Rohrschalter 34A, 34B sind vorteilhaft-
erweise im Abgaskrümmern oder im Gehäuse der Hochdruckturbine
13 mitintegriert und können als Schieber, Ventil, Klappe,
Drossel oder dergleichen ausgeführt sein und z.B. über eine
5 programmgesteuerte Einheit, beispielsweise eine CPU, sowohl
einzeln oder auch gemeinsam angesteuert werden.

Vorteilhafterweise, jedoch nicht notwendigerweise, werden die
Turbinenräder 13A, 13B der Zwillingsstromhochdruckturbine 13
10 synchron betrieben.

Figur 6 zeigt in einer schematischen Darstellung ein sechs-
tes, besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfin-
dungsgemäßen zweistufig aufgeladenen Brennkraftmaschine. Die
15 bevorzugte Anordnung in Figur 6 besteht im Wesentlichen aus
einer Kombination der unterschiedlichen Ausgestaltungen einer
Brennkraftmaschine 1 entsprechend den Figuren 1 - 4. Die
Brennkraftmaschine 1 ist hier mit einem Regelventil 30, einer
Abgasrückführleitung 32, Bypassleitungen 33A, 33B mit darin
20 vorgesehenen Rohrschaltern 34A, 34B ausgestattet. Zusätzlich
weist die Hochdruckstufe 11 eine Zwillingsstromhochdrucktur-
bine 13 auf, bei der die Hochdruckturbinen 13A, 13B jeweils
eine variable Turbinengeometrie aufweisen.

25 An dieser Stelle sei anzumerken, dass die Niederdruckturbine
12 selbstverständlich auch als Zwillingsstromturbine ausge-
bildet sein kann. Darüber hinaus kann zusätzlich oder alter-
nativ die Niederdruckturbine 12 auch eine variable Turbinen-
geometrie aufweisen.

30

Figur 6 zeigt zusätzlich eine Steuereinrichtung 40 auf. Die
Steuereinrichtung 40 weist Dateneingänge 41 und Datenausgänge
42 auf. Über die Dateneingänge 41 sind beispielsweise analoge
Messgrößen, z.B. die Temperatur oder der Druck des Abgases
35 oder der Ladeluft, die Umdrehungszahl des Motors, etc., oder
digitale Daten einkoppelbar. Abhängig von diesen Daten und
von einem vorgegebenen Programm der Steuereinrichtung 40 er-

zeugt diese Steuersignale, die an den Ausgängen 42 der Steuereinrichtung 40 abgreifbar sind.

Die Datenausgänge 42 sind über eine Vielzahl von Steuerleitungen 43 - 46 mit den Regelventilen 34A, 34B, mit der Zwillingsstromdruckturbine 13, mit der Niederdruckturbine 12 sowie mit dem Stellglied 31 des Regelventils 30 verbunden.

Ferner ist eine Drossel 35 vorgesehen, die in die Abgasrückführleitung 32 geschaltet angeordnet ist. Diese wird typischerweise ebenfalls über die Steuereinrichtung 40 eingestellt oder aktiviert ist.

Zusätzlich kann noch eine weitere, in Figur 6 nicht dargestellte Abgasrückführung vorgesehen sein, bei der eine Teilmenge des rückgeführten Abgases einem beliebig anderen Punkt der Ladeluftseite zugeführt wird. Typischerweise, jedoch nicht notwendigerweise, wird bis etwa 50 % des Abgases der Brennkraftmaschine 10 der Ladeluftseite 3 zurückgeführt.

Die Betriebsweise einer turboaufgeladenen Brennkraftmaschine 1 ist allgemein bekannt und beispielsweise in den eingangs genannten Druckschriften ausführlich beschrieben, so dass nachfolgend darauf nur sehr kurz eingegangen wird:

Die sechszylindrige Dieselmotorkraftmaschine 1 wird über einen Turbolader 10 zweistufig aufgeladen. Dazu ist eine zweiflutige Hochdruckstufe 11 einer einflutigen Niederdruckstufe 12 vorgeschaltet. Über die von den Zwillingsstrom 13A, 13B und der Niederdruckturbine 16 angetriebenen Verdichter 14 bzw. 17 wird Ladeluft verdichtet, in den beiden Ladeluftkühlern 26, 27 abgekühlt, zu einem bestimmten Anteil (≥ 0) mit Abgas aus der Abgasrückführleitung 32 vermischt und der Ladeluftseite 3 der Brennkraftmaschine 1 zugeführt.

35

Zur Steuerung der Rohrschalter 30, 33A, 33B, der Verschlusskörper sowie der in ihrer Geometrie variabel einstellbaren

Turbinen 13, 16 in Abhängigkeit von Betriebskenngrößen A1 - An sind diese an eine elektronische Motorsteuerung 40, beispielsweise eine CPU, angeschlossen, die für eine betriebsoptimale Aufteilung des Abgasmassenstromes sorgt. Durch die
5 mögliche Einstellung unterschiedlicher Bypassraten, Durchflussraten und Turbinenstellungen erhält man vorteilhafterweise einen zusätzlichen Freiheitsgrad zur Aufteilung der gesamten Abgasmenge, der für den Hilfsbremsbetrieb des Turboladers 10 von besonderer Bedeutung ist.

10

Nachfolgend wird die Funktionsweise eines als Hilfsbremseinrichtung betriebenen erfindungsgemäßen Turboladers 10 anhand der Figur 6 näher erläutert:

15 Bei geschlossenen Bypassventilen 34A, 34B und einer regelbaren Auspuffbremsklappe 30 ist eine erhöhte Motorbremsleistung darstellbar, die durch einen erhöhten Abgasdruck verursacht durch die kleine Hochdruckstufe 11 möglich wird. Bei Verwendung von unterschiedlich großen Kanälen 13A, 13B der Hochdruckzwillingturbine 13 und bei getrennter Regelung der jeweiligen Bypassventile 34A, 34B kann der entsprechende Drehzahlbereich im Bremsbetrieb optimal angepasst werden. Die unterschiedlichen Kanaldurchmesser der beiden Hochdruckturbinen 13A, 13B lassen sich aufgrund deren variabler Turbinengeometrie durch geeignete Ansteuerung der Motorsteuerung 40 gezielt
20 einstellen. Dadurch lässt sich eine differenzielle Aufteilung des Abgasmassenstromes auf Hochdruck- und Niederdruckstufe 11, 12 aufteilen.

25
30 Dieser Abgasmassenstrom lässt sich somit wie folgt beeinflussen:

1. Bei geeigneter Einstellung des Regelventils 30 lässt sich der wirksame Querschnitt der Abgasleitung 22 gezielt einstellen.
35

2. Die Hochdruckturbinen 13A, 13B und vorteilhafterweise auch die Niederdruckturbine 16 weisen eine variable Turbinengeometrie auf. Bei geeigneter Ansteuerung kann der wirksame Kanalquerschnitt der jeweiligen Turbinen mehr oder weniger groß gewählt werden.

3. Über die Bypassventile 34A, 34B lässt sich einstellen, welcher Anteil des Abgases die Hochdruckturbinen 13A, 13B durchströmt und welcher Anteil die Hochdruckturbinen 13A, 13B überbrückt.

Durch die genannten Maßnahmen, d.h. durch geeignete Steuerung und/oder Regelung der eben genannten Elemente, lässt sich definiert ein abgasseitiger Druck P1 in den Abgasleitungen 6, 20 und damit auch in den Zylindern 2 einstellen. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung, insbesondere bei Vorhandensein einer Abgasrückführleitung 32 entsprechend Figur 6, kann damit sichergestellt werden, dass der abgasseitige Druck P1 in den Abgasleitungen 20 stets größer ist als der ladeluftseitige Druck P2 in der Ladeluftleitung 25. Da damit stets ein Druckgefälle zwischen dem abgasseitigen und ladeluftseitigen Bereich der Abgasrückführleitung 32 besteht, ist hier vorteilhafterweise kein Rücksperrentil in der Abgasrückführleitung 32 erforderlich.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung, kann sichergestellt werden, dass der abgasseitige Druck P1 stets konstant bleibt.

Zusätzlich wird durch eine unterschiedliche Größe der Kanäle 13A, 13B der Zwillingsstromturbine 13 mit getrennter Regelung der Bypassventile 34A, 34B eine optimierte Dosierung der rückgeführten Abgasmenge (EGR-Menge) an den jeweils gewünschten Betriebszustand ermöglicht. Ein zusätzliches EGR-Ventil, wie dies beispielsweise in dem eingangs genannten Stand der Technik zwingend erforderlich ist, ist hier nicht notwendig.

In Figur 6 ist dennoch eine Drossel 35 in der Abgasrückführ-
leitung 32 angeordnet, über die der Abgasmassenstrom über die
Abgasrückführleitung 32 bei geeigneter Steuerung zusätzlich
dosiert werden kann. Dadurch lassen sich die Motoreigenschaf-
5 ten gezielt beeinflussen, indem beispielsweise die Motorbe-
triebswerte hinsichtlich der Schadstoffemission (NO_x , CO, CO_2)
und hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs weitestgehend opti-
mal eingestellt werden können. Der besondere Vorteil dieser
erfindungsgemäßen Abgasrückführung besteht darin, dass der
10 Abgasstrom bereits allein durch das Druckgefälle zwischen Ab-
gasseite und Ladeluftseite gewährleistet wird. Daher ist es
vollständig ausreichend, lediglich eine Durchflussdrossel in
der Abgasrückführleitung 32 vorzusehen, wobei auf diese - wie
bereits erwähnt - ohne nennenswerte Beeinträchtigung der
15 Funktion der Hilfsbremseinrichtung auch verzichtet werden
kann.

Selbstverständlich sei die Erfindung nicht ausschließlich auf
zweistufig ausgebildete Turbolader beschränkt, sondern lässt
20 sich vielmehr auch auf drei- oder mehrstufige Turbolader er-
weitern.

Die zwei Turboladerstufen sind im vorliegenden Ausführungs-
beispiel vorteilhafterweise Bestandteil eines einzigen Turbo-
25 laders und sind somit in einem Gehäuse dieses Turboladers in-
tegriert. Jedoch ist diese vorteilhafte Integration zweier
Turboladerstufen in einem Turbolader nicht zwingend erforder-
lich, sondern es ließe sich dieselbe Funktion auch durch zwei
getrennte, nacheinander geschaltete Turbolader erreichen,
30 wenngleich diese Anordnung montagetechnisch und aufgrund der
höheren Kosten weniger bevorzugt ist.

Schließlich sei die Erfindung nicht ausschließlich auf Die-
sel-Brennkraftmaschinen in Sechszylinder-Reihenbauweise be-
35 schränkt, sondern lässt sich auf beliebige Brennkraftmaschi-
nen mit einer beliebigen Anzahl von wie auch immer angeordne-
ten Zylindern erweitern.

In den vorstehenden Ausführungsbeispielen weist die Niederdruckstufe einen gegenüber der Hochdruckstufe größeren Durchmesser der entsprechenden Turbinenräder auf. Jedoch sei dies
5 nicht zwingend erforderlich, sondern es wäre auch denkbar, dass die beiden Turbinenstufen einen gleichen Turbinenraddurchmesser aufweisen bzw. die Hochdruckstufe den größeren Raddurchmesser aufweist.

10 In den vorstehenden Ausführungsbeispielen wurde jeweils eine Steuerung der Verschlusskörper (Ventile, Klappen, Rohrschalter, etc.) sowie der Turbinengeometrie durch die Motorsteuerung beschrieben. Selbstverständlich lassen sich einige oder
15 alle diese Elemente auch anderweitig steuern oder durch eine eigens vorgesehene Regeleinrichtung an den gewünschten Betriebszustand anpassen. Die Einstellung der Verschlusskörper bzw. der Turbinengeometrie kann elektrisch, pneumatisch, hydraulisch oder mechanisch erfolgen.

20 Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch den wie beschrieben ausgestalteten zweistufigen Turbolader in völliger Abkehr von bisher bekannten Lösungen ein gezielt einstellbarer, abgasseitiger Druck, insbesondere ein konstanter Druck, auf sehr einfache Weise einstellbar ist, ohne dass ei-
25 ne konstruktiv aufwendige, teure Lösung gemäß dem Stand der Technik in Kauf genommen werden muss.

Die vorliegende Erfindung wurde anhand der vorstehenden Beschreibung so dargestellt, um das Prinzip der Erfindung und
30 dessen praktische Anwendung bestmöglichst zu erklären, jedoch lässt sich die Erfindung bei geeigneter Abwandlung selbstverständlich in mannigfaltigen anderen Ausführungsformen realisieren.

Bezugszeichenliste

| | | |
|----|--------------|--|
| | 1 | Brennkraftmaschine |
| 5 | 2 | Zylinder |
| | 3 | Ladeluftseite |
| | 4 | Abgasseite |
| | 5 | Ladeluftsammelleitung |
| | 6 | Abgassammelleitung |
| 10 | 7 | Einlässe |
| | 8 | Auslässe |
| | 10 | Turbolader |
| | 11 | Hochdruckstufe |
| 15 | 12 | Niederdruckstufe |
| | 13 | Hochdruckturbine |
| | 13A, 13B | Turbinenräder der Zwillingsstromhochdruckturbi- ne, Kanal |
| | 14 | Hochdruckverdichter |
| 20 | 15 | Welle |
| | 16 | Niederdruckturbine |
| | 17 | Niederdruckverdichter |
| | 18 | Welle |
| 25 | 20, 20A, 20B | Abgasleitungen |
| | 21, 22 | Abgasleitungen |
| | 23, 24, 25 | Ladeluftleitungen |
| | 26, 27 | Ladeluftkühler |
| 30 | 30 | Ventil |
| | 31 | Stellglied |
| | 32 | Abgasrückführleitung |
| | 33A, 33B | Bypassleitungen |
| | 34A, 34B | Bypassventile, Rohrschalter |
| 35 | 35 | Durchflussdrossel |
| | 40 | Steuereinrichtung, Motorsteuerung |

| | | |
|---|---------|------------------------|
| | 41 | Dateneingänge |
| | 42 | Datenausgänge |
| | 43 - 46 | Steuerleitungen |
| 5 | P1 | abgasseitiger Druck |
| | P2 | ladeluftseitiger Druck |

Patentansprüche:

1. Motorbremseinrichtung für eine turboaufgeladenen
5 Brennkraftmaschine (1),

mit einem zumindest zweistufig ausgebildeten Aufladesystem
(10), das mindestens eine Hochdruckstufe (11) sowie min-
destens eine der Hochdruckstufe (11) abgasseitig nachge-
10 schalteten und ladeluftseitig vorgeschalteten Nieder-
druckstufe (12) aufweist,

mit mindestens einer mit Auslasskanälen (8) der Brennkraftma-
schine (1) verbundenen und abgasseitig der Brennkraftma-
15 schine (1) nachgeschaltet angeordneten Abgasleitung (20,
20A, 20B, 21, 22),

mit mindestens einem ersten Verschlusskörper (30), der in ei-
nem abgasseitig der Hochdruckstufe (11) und/oder der Nie-
20 derdruckstufe (12) nachgeschalteten Bereich der Abgaslei-
tung (22) angeordnet ist, wobei der erste Verschlusskör-
per (30) derart ausgebildet ist, dass der Abgasdurchfluss
und dadurch bedingt ein Druck (P1) in der Abgasleitung
(20, 20A, 20B, 21, 22) so veränderbar ist, dass dadurch
25 die Motorbremsleistung bedarfsgemäß variabel einstellbar
ist.

2. Motorbremseinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass der Verschlusskörper (30) steuerbar oder regelbar ausge-
bildet ist.

3. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
35 dadurch gekennzeichnet,

dass der erste Verschlusskörper (30) als Regelventil (30) oder als Auspuffbremsklappe oder als Auspuffdrosselklappe ausgebildet ist.

5 4. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Abgasrückführungseinrichtung (32, 35) vorgesehen
ist, die zumindest eine Abgasrückführleitung (32) aufweist,
10 mittels der eine Teilmenge des Abgases von einer Abgasleitung
(20, 20A, 20B) vor einer Turbine (13, 13A, 13B) der Hoch-
druckstufe (11) einer Ladeluftleitung (25) hinter einem Ver-
dichter (14) der Hochdruckstufe (11) zuführbar ist.

15 5. Motorbremseinrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Abgasrückführleitung (32) kein Rückschlagventil
vorgesehen ist und dass ein erster Druck (P1) in der Abgas-
leitung (20, 20A, 20B) vor der Turbine (13, 13A, 13B) stets
20 größer ist als ein zweiter Druck (P2) in der Ladeluftleitung
(25) hinter dem Verdichter (14).

6. Motorbremseinrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass eine Durchflussdrossel (35) vorgesehen ist, die in der
Abgasrückführleitung (32) angeordnet ist und über die festge-
legt ist, welche Teilmenge des Abgases über die Abgasrück-
führleitung (32) in die Ladeluftleitung (25) rückgeführt
wird.

30 7. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Turbolader (10) folgende Elemente aufweist:

35 - die Hochdruckstufe (11) enthält mindestens eine abgas-
seitig angeordnete Hochdruckturbine (13, 13A, 13B) und
mindestens einen ladeluftseitig angeordneten
Hochdruckverdichter (14), die über eine erste, zwischen

verdichter (14), die über eine erste, zwischen diesen angeordnete gemeinsame Welle (15) miteinander gekoppelt sind;

5 - die Niederdruckstufe (12) enthält mindestens eine abgasseitig angeordnete Niederdruckturbine (16) und mindestens einen ladeluftseitig angeordneten Niederdruckverdichter (17), die über eine zweite, zwischen diesen angeordnete gemeinsame Welle (18) miteinander gekoppelt sind;

10 - mindestens ein Ladeluftkühler (26, 27) ist vorgesehen, der ladeluftseitig zwischen einem Verdichter (14, 17) und einem Ladelufteinlass (7) der Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist.

15 8. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine der Turbinen (13, 16) als Turbine mit variabler Turbinengeometrie ausgebildet ist.

20 9. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine Turbine (13, 13A, 13B) des Turboladers
25 (10) als Zwillingsstromturbine (13A, 13B) ausgebildet ist, bei der zwei Turbinenräder (13A, 13B) parallel geschaltet angeordnet sind.

10. Motorbremseinrichtung nach Anspruch 9,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass die beiden Turbinenräder (13A, 13B) der Zwillingsstromturbine (13A, 13B) einen Abgaskanal mit unterschiedlichem Durchflussquerschnitt aufweisen.

35 11. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass jeder Hochdruckturbine (13, 13A, 13B) jeweils eine Bypassleitung (33A, 33B) mit einem jeweils darin angeordneten zweiten Verschlusskörper (34A, 34B) parallel geschaltet angeordnet ist.

5

12. Motorbremseinrichtung nach einem der Ansprüche 9 - 11, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweils in Bypassleitung (33A, 33B) der Zwillingsstromturbine (13) angeordneten zweiten Verschlusskörper (34A, 34B) unabhängig voneinander steuerbar oder regelbar ausgebildet sind.

13. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Verschlusskörper (30, 34A, 34B) als Ventil und/oder Drossel und/oder Klappe und/oder Schieber ausgebildet ist

14. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinrichtung (40) vorgesehen ist, die ein Steuer- oder Regelsignal bereitstellt, über welches der erste Verschlusskörper (30) und/oder die zweiten Verschlusskörper (34A, 34B) und/oder die Durchflussdrossel (35) und/oder die Turbinen (13, 16) mit variabler Turbinengeometrie steuerbar oder regelbar sind.

15. Motorbremseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (40) Bestandteil der Motorsteuerung, die eine programmgesteuerte Einheit, insbesondere einen Mikroprozessor oder Mikrokontroller, aufweist, ist.

35

16. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass das Steuer- oder Regelsignal ein elektrisches oder pneumatisches oder hydraulisches Signal ist.

5 17. Motorbremseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest einer der Verschlusskörper (30, 34A, 34B) oder
die Durchflussdrossel (35) in einem Gehäuse des Turboladers
10 (10) mitintegriert ist.

18. Verfahren zum Betreiben einer Motorbremseinrichtung für
eine turboaufgeladenen Brennkraftmaschine (1) nach einem der
15 vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Steuereinrichtung (40) ein erster Druck (P1)
in der vor der Hochdruckturbine (13) angeordneten Abgaslei-
tung (20, 20A, 20B) in Abhängigkeit von einem Bremsmodus auf
20 einen vorgegebenen Wert eingestellt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Druck (P1) im Bremsbetrieb so eingestellt
25 wird, dass er stets größer ist als ein zweiter Druck (P2) in
der nach dem Hochdruckverdichter (14) angeordneten Ladeluft-
leitung (25).

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 oder 19,

30 dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Druck (P1) und/oder der zweite Druck (P2) so
eingestellt werden, dass sie in dem Bremsbetrieb des Turboladers
(10) stets konstant sind.

35 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 - 20,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Einstellung des ersten Drucks (P1) und/oder des zweiten Drucks (P2) durch Beeinflussung des Durchflussquerschnitts der hinter der Niederdruckturbine (16) angeordneten Abgasleitung (22) eingestellt wird, indem der Verschlusskörper (30) je nach gewünschtem Durchflussquerschnitt mehr oder weniger stark geöffnet wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 - 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung des ersten Drucks (P1) und/oder des zweiten Drucks (P2) durch Beeinflussung des Durchflussquerschnitts eines Kanals mindestens einer Turbine (13, 13A, 13B, 16) eingestellt wird, indem die Turbinenkanäle je nach gewünschtem Durchflussquerschnitt mehr oder weniger stark geöffnet werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 - 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung des ersten Drucks (P1) und/oder des zweiten Drucks (P2) durch Beeinflussung des Durchflussquerschnitts mindestens weiteren Verschlusskörpers (34A, 34B) eingestellt wird, indem der zweite Verschlusskörper (34A, 34B) je nach gewünschtem Durchflussquerschnitt mehr oder weniger stark geöffnet wird.

24. Brennkraftmaschine (1)

mit einem Motorblock, der mindestens einen Zylinder (2) aufweist und der mindestens einen Ladelufteinlass (7) und mindestens einen Abgasauslass (8) aufweist,

mit einem als Bremseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 17 ausgebildeten Aufladesystem (10).

25. Brennkraftmaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet,

dass das Aufladesystem (16) als Turbolader (10) ausgebildet ist.

26. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 24 oder 25,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass die Brennkraftmaschine (1) als Otto-Motor oder als Dieselmotor ausgebildet ist.

27. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 24 - 26,
10 dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein erster Katalysator vorgesehen ist, der abgasseitig dem Turbolader (10) in Reihe nachgeschaltet ist.

Zusammenfassung

Motorbremseinrichtung für eine turboaufgeladene Brennkraftma-
5 schine

Die Erfindung betrifft eine Motorbremseinrichtung für eine
turboaufgeladenen Brennkraftmaschine, mit einem zumindest
zweistufig ausgebildeten Aufladesystem, das mindestens eine
10 Hochdruckstufe sowie mindestens eine der Hochdruckstufe ab-
gasseitig nachgeschalteten und ladeluftseitig vorgeschalteten
Niederdruckstufe aufweist, mit mindestens einer mit Auslass-
kanälen der Brennkraftmaschine verbundenen und abgasseitig
der Brennkraftmaschine nachgeschaltet angeordneten Abgaslei-
15 tung, mit mindestens einem Verschlusskörper, der in einem ab-
gasseitig der Hochdruckstufe und/oder der Niederdruckstufe
nachgeschalteten Bereich der Abgasleitung angeordnet ist, wo-
bei der Verschlusskörper derart ausgebildet ist, dass der Ab-
gasdurchfluss und dadurch bedingt ein Druck in der Abgaslei-
20 tung so veränderbar ist, dass dadurch die Motorbremsleistung
bedarfsgemäß variabel einstellbar ist. Die Erfindung betrifft
ferner ein Verfahren zum Betreiben der Motorbremseinrichtung
sowie eine Brennkraftmaschine mit einer solchen Motorbrems-
einrichtung.

25

Figur 6

30